



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.09.2001 Patentblatt 2001/39

(51) Int Cl.7: **F01D 5/30**

(21) Anmeldenummer: **00106142.3**

(22) Anmeldetag: **21.03.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Tiemann, Peter, Dipl.-Ing.
58452 Witten (DE)**

(54) **Turbinenlaufschaufel**

(57) Um eine Turbinenlaufschaufelanordnung mit mehreren in Umfangsrichtung einer Turbinenscheibe (1) versetzt angeordneten Turbinenlaufschaufeln (2) mit jeweils einem Schaufelfuß (3), der in eine Turbinenscheibennut (6) längs einschiebbar und dort durch Nutlängszähne (7), die seine Fußlängszähne (5) form-

schlüssig hintergreifen, radial auszugsfest gehalten ist, so auszubilden, daß Turbinenlaufschaufeln (2) bei Schrägungswinkeln einsetzbar sind, die größer als die bisher erreichten sind, wird vorgeschlagen, daß der Schaufelfuß (3) an seiner Stirnseite (8) eine lokale Materialschwächung aufweist.

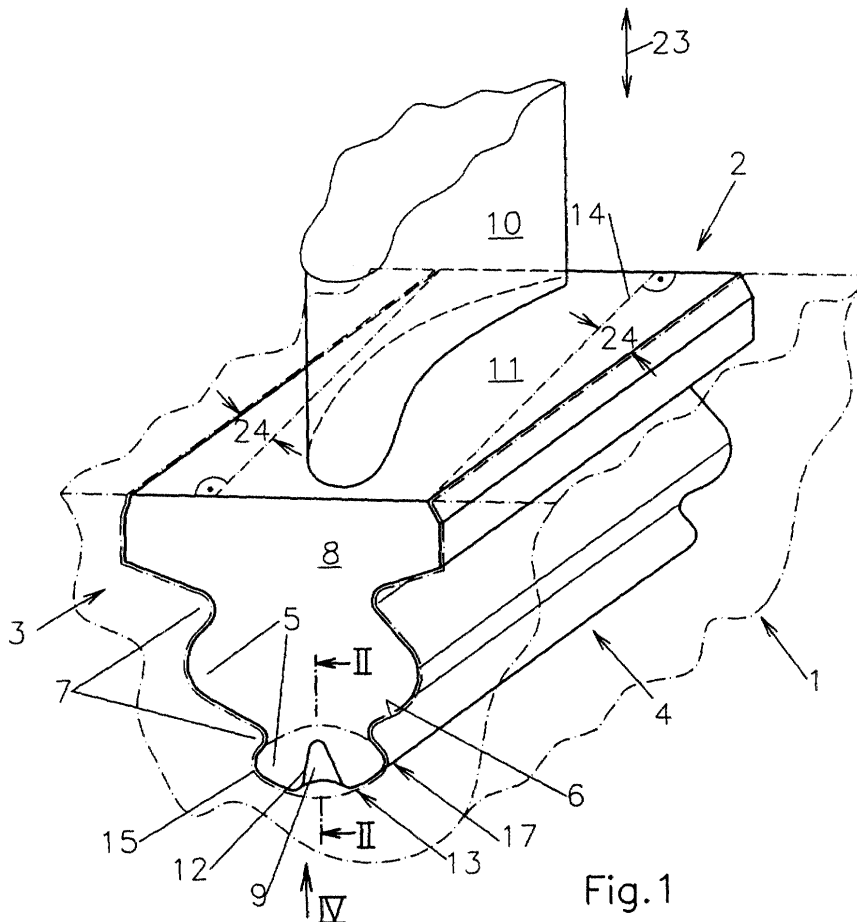


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenlaufschau-
felanordnung mit mehreren in Umfangsrichtung einer
Turbinenscheibe versetzt angeordneten Turbinenlauf-
schaufeln mit jeweils einem Schaufelfuß, der jeweils
zwei Längsseiten und Stirnseiten aufweist, an seinen
Längsseiten Fußlängszähne hat und der in eine Turbi-
nenscheibennut längs einschiebbar und dort durch Nut-
längszähne, die seine Fußlängszähne formschlüssig
hintergreifen, radial auszugsfest gehalten ist.

[0002] Turbinenlaufschau-
felanordnungen mit in Nu-
ten einer Turbinenscheibe eingeschobenen Füßen sind
in ihren Nutbereichen durch die an der Turbinenschaufel
bei Drehung der Turbinenscheibe angreifenden Flieh-
kräfte stark belastet. Um eine große Auflagefläche zu
haben, sind die Haltevorrichtungen des Fußes in der
Nut als angeschrägte Längszähne ausgebildet. Die
Fliehkräfte, die radial nach außen weisen, werden durch
die Fußlängszähne in Nutlängszähne der Nut eingelei-
tet. Da die Längszähne angeschrägt sind, erfolgt durch
diese Einleitung eine Kraftumlenkung eines Teils der
Fliehkraft. Insbesondere im Stirnseitenbereich des Fu-
ßes sind die eingeleiteten Kräfte sehr belastend für den
Nutbereich, da sie dort sprunghaft ansteigen. Hierdurch
entsteht insbesondere in dem unteren Nutbereich eine
starke Belastung, die zu Rissen führen kann.

[0003] Zudem wird versucht, bei modernen Turbinen-
laufschau-
feln eine Effektivitätsverbesserung dadurch
zu erreichen, daß die Turbinenschaufeln in steilen Ab-
strömungswinkeln relativ zur Arbeitsfluidanströmung
eingerrichtet werden. Hierbei sind die Laufschau-
felfüße schräg zur Turbinenscheibenachse in die Turbinen-
scheiben eingesetzt, wodurch die Nuten und die Schau-
felfüße stark inhomogenen Spannungen unter Betriebs-
last ausgesetzt sind. Dies bringt eine erhöhte Material-
beanspruchung mit sich, so daß die Schrägstellung bis-
her auf Winkel bis ca. 15° beschränkt ist.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es da-
her, eine Turbinenlaufschau-
felanordnung anzugeben, die es erlaubt, Turbinenlaufschau-
feln bei Schrägungs-
winkeln einzusetzen, die größer als die bisher erreich-
ten sind, ohne die Festigkeit der Nutbereiche zu gefähr-
den.

[0005] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der
Schaufelfuß an seiner Stirnseite eine lokale Material-
schwächung aufweist.

[0006] Die Erfindung hat den Vorteil, daß fliehkraftin-
duzierte Spannungsspitzen abgefangen werden und
somit nicht in dem stirnseitigen Endbereich in die um-
gebenden Nutlängszähne eingeleitet werden, sondern
weiter innen, in der Mitte des Schaufelfußes. Dieser Vor-
teil wird dadurch erreicht, daß an der Stirnseite das Ma-
terial lokal geschwächt ist. Eine Materialschwächung
liegt vor, wenn die umgebenden Bereiche eine größere
Steifigkeit aufweisen, beispielsweise dadurch, daß das
Material an der Schwächung dünner ist. Somit wird die
gesamte, resultierende Steifigkeit dieses Bereichs re-

duziert. Denn bei einer anliegenden Last wird zuerst der
weiche, geschwächte Bereich verformt. Das Material ist
somit nicht mehr so starr. Auf diese Weise kann in die-
sem Bereich nur eine verminderte Kraftübertragung auf
die umgebende Nut stattfinden. Die normalerweise sehr
starken Stirnseiten des Schaufelfußes werden durch die
vorgeschlagene Anordnung gegenüber Spannungen
nachgiebiger gemacht. Es findet somit eine Lastumver-
teilung in Richtung Schaufelfußmitte statt, die lokale
Spannungsüberhöhungen im Nutendbereich vermin-
dert. Die Materialschwächung ist lokal angebracht, weil
der Fuß immer noch eine ausreichende Festigkeit auf-
weisen soll und trotz der Schwächung immer noch ein
gewisser, die Schaufel tragender Fliehkraftanteil über-
tragen werden soll. Durch die vorgeschlagene Anord-
nung wird verhindert, daß an den Stirnseiten der Nut-
längszähne so hohe Spannungen angreifen, daß Schä-
digungen entstehen. Hierdurch können beispielsweise
Spannungsspitzen aufgrund von Passungsfehlern, wie
sie selbst bei sehr sorgfältiger Gußnachbearbeitung der
Turbinenschaufelfüße vorkommen, ausgeglichen wer-
den. Durch die vorgeschlagene Anordnung wird die Le-
bensdauer der Turbinenschaufelanordnung erhöht und
es treten während des Betriebs weniger Störungen auf.

[0007] Eine gut zu berechnende und reproduzierbar
herzustellende Materialschwächung ist gegeben, wenn
der Schaufelfuß an seiner Stirnseite eine Ausnehmung
hat. Die Ausnehmung erweicht den Stirnbereich des Fu-
ßes gegenüber der angreifenden Fliehkraft dadurch,
daß sie sich unter dem Kraftangriff elastisch zusam-
mendrücken läßt. Es wird ein geringerer Anteil der Kraft
in den Endbereich der Nut eingeleitet, und somit ein gro-
ßer Anteil in den Bereich der Fußmitte. Durch eine Än-
derung der Form oder der Abmessungen der Ausneh-
mung können die elastischen Eigenschaften des Aus-
nehmungsbereichs wesentlich beeinflusst werden. Die
Ausnehmung an der Stirnseite des Schaufelfußes ist
während des Gießens durch Einsetzen eines Gießkerns
von außen oder nachträglich durch mechanische Bear-
beitung einbringbar.

[0008] Wenn die Ausnehmung eine keilförmige Ein-
kerbung an der Stirnseite des Schaufelfußes im Bereich
zwischen den der Achse der Turbinenscheibe nächsten,
sich gegenüberliegenden Fußlängszähnen ist, und die
Ausnehmung an einem scheibenachsenseitigen Ende
des Schaufelfußes offen ist, können durch elastisches
Zusammenbiegen der Seitenflanken der keilförmigen
Einkerbung Kräfte weich in diesem Bereich abgefangen
werden. Es wird ein geringerer Anteil der Kraft in den
umgebenden Nutbereich übertragen. Die Tragkraft wird
somit in einen Bereich in Richtung Schaufelfußmitte um-
geleitet. Dieses federartige Zusammenfallen der keilfö-
rmigen Einkerbung ist dadurch beschränkt, daß keine
bleibenden plastischen Verformungen entstehen dür-
fen. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden,
daß Maße und Formen der Ausnehmung, insbesondere
eine gewisse Breite und Tiefe eingehalten werden, die
beispielsweise von dem Schaufelgewicht, aber auch

der Auflagefläche in der Nut und den eingehaltenen Fertigungstoleranzen abhängen.

[0009] Eine sehr gute Ableitung der Verspannungen in die Schaufelfußmittenbereiche ist gegeben, wenn sich die Ausnehmung in Richtung einer Schaufelplattform querschnittsmäßig verjüngt. Je größer der Querschnitt und insbesondere die Breite und damit je größer der Abstand der Flanken der Ausnehmung desto weicher ist die Ausnehmung und desto weniger Widerstand setzt sie einer elastischen Verformung entgegen. Somit werden in den untersten Bereich der Enden der Nuten, die am stärksten rißgefährdet sind, die geringsten Spannungen eingeleitet, wohingegen in Nutbereichen, die in einem Abstand zur Scheibenachse in Richtung Schaufelplattform liegen, höhere Spannungen eingebracht werden. Diese Nutbereiche sind stabiler ausgebildet und können Biegebeanspruchungen einen größeren Widerstand entgegensetzen.

[0010] Wenn die Ausnehmung eine in Richtung Schaufelplattform abnehmende maximale Tiefe aufweist, ist die Ausnehmung im scheibenseitigen Endbereich an der Stirnseite am weichsten und wird von dort in Richtung Schaufelfußmitte mit abnehmender Breite zunehmend härter. Die maximale Einkerbungtiefe kann darüberhinaus auf diese Weise leicht an einen eventuellen Schrägungswinkel des Schaufelfußes angepaßt werden, indem die Tiefe mit wachsendem Schrägungswinkel vergrößert wird.

[0011] Wenn die Ausnehmung eine abgerundete Kontur aufweist, ist gewährleistet, daß die Anpreßkräfte weicher abgeleitet werden können. Es ist hierdurch verhindert, daß sich an der Ausnehmung beispielsweise bei Kraftwechseln und Krafrichtungsänderungen Rißspitzen bilden, die zu Schädigungen des Materials führen.

[0012] Wenn jede der beiden Stirnseiten des Schaufelfußes je eine lokale Materialschwächung aufweist, sind an beiden Stirnseiten, die ähnliche und bei symmetrischer Ausführung des Schaufelfußes dieselben Spannungsüberhöhungen aufweisen würden, ähnliche bzw. dieselben vorteilhaften Auswirkungen zu erhalten.

[0013] Durch den Schaufelfuß kann Kühlmittel durchgeleitet werden und zugleich eine Wirkungsgradverbesserung aufgrund einer Schrägstellung stattfinden, wenn der Schaufelfuß einen Hohlraum aufweist, der am scheibenachsenseitigen Ende des Schaufelfußes einen Zugang hat und die lokale Materialschwächung einen derartigen Abstand zu dem Zugang besitzt, daß unter der Betriebslast der Turbinenlaufschaufel die erforderliche Stabilität gewährleistet ist. Durch den Zugang kann Kühlmittel durch den Schaufelfuß und durch ihn hindurch in das Schaufelprofil geleitet werden. Zugleich wird durch die lokale Materialschwächung die angreifende Fliehkraft in Richtung Schaufelfußmitte verteilt. Darüberhinaus ist die Festigkeit des Schaufelfußes auch im Stirnbereich dadurch gegeben, daß eine ausreichende Wanddicke an der Stirnseite des Schaufelfußes trotz der lokalen Materialschwächung gewährleistet

ist. Es können somit alle Vorteile der Erfindung genutzt werden und zugleich eine Innenkühlung des Schaufelprofils beziehungsweise eine Gewichtsreduzierung aufgrund der Aushöhlung des Schaufelfußes vorgenommen werden.

[0014] Wenn der Hohlraum am scheibenachsenseitigen Ende mehrere versetzt auf einer Fußlängsachse angeordnete Zugänge aufweist und die lokale Materialschwächung an der Stirnseite ebenfalls zumindest teilweise auf der Fußlängsachse liegt, wird eine Spannungsverteilung mittig entlang der Fußlängsachse erreicht. Die Spannungseinleitung erfolgt also symmetrisch zu den beiden Flanken der Nut. Die Kräfte werden gleichmäßig auf beide Nutseiten verteilt, wodurch auch im Mittenbereich eine eventuelle Spannungsüberhöhung vermieden wird. Mehrere Zugänge gewährleisten eine Stabilisierung in den Wänden zwischen den Zugängen, wodurch die Kraftverteilung gleichmäßig wird. Insbesondere ist auf einen ausreichenden Stabilitätswahrenden Abstand der lokale Materialschwächung zum Zugang, der der Ausnehmung am nächsten liegt, zu achten.

[0015] Wenn der Schaufelfuß um sternförmig von der Scheibenachse ausgehende, durch die Schaufelfüße verlaufende Radialachsen um einen Winkel gedreht in die Turbinenscheibe eingesetzt ist, ist eine stark asymmetrische Krafteinleitung und eine damit verbundene Spannungsüberhöhung im Bereich der Enden der untersten Nutlängszähne zu beobachten. Insbesondere die Nutenden, die die Stirnbereiche der Füße umfassen, werden durch die auf sie übertragenen Kräfte stark asymmetrisch belastet. Diese asymmetrische Belastung im Endbereich stellt aufgrund der dabei entstehenden Biegespannungen und hiermit verbundenen Rißkeimbildung eine Grenze für die Verbesserung des Wirkungsquerschnitts durch die Schrägstellung der Laufschaufelfüße dar. Hiergegen wirkt die erfindungsgemäße lokale Materialschwächung insbesondere die Ausnehmung, indem sich in diesem geschwächten Stirnbereich das Material des Fußes weicher verhält. Auf diese Weise findet die Hauptlastaufnahme der in Umfangsrichtung der Turbinenscheibe liegenden Komponente der unter Fliehkraftbelastung entstehenden Anpreßkraft an den weiter innenliegenden Bereichen der Nut statt. Ein Aufbiegen der asymmetrisch belasteten Nut ist somit auch bei steilen Winkeln der Schaufelfüße verhindert. Auf diese Weise kann eine sehr große Wirkungsgradverbesserung durch Einsetzen von unter großen Abströmwinkeln schräggestellten Schaufeln stattfinden, ohne daß es zu Festigkeitsverlusten beispielsweise durch Rißkeimbildung aufgrund von Biegespannungen in den Endbereichen der Nuten kommt.

[0016] Eine individuelle Anpassung der Weichheit der Stirnseite des Fußes auf die Bedürfnisse, die durch die Schrägstellung der Schaufelfüße entstehen, ist gegeben, wenn die Breite, die Tiefe und die Form der Ausnehmung auf den Winkel und die Abstände der Turbinenschaufelfüße abgestimmt sind.

[0017] Eine Erweichung der gesamten Stirnseite des Schaufelfußes ist dadurch gegeben, daß die Ausnehmung vom scheibenseitigen Ende des Schaufelfußes bis zwischen die zwei plattformnächsten, sich gegenüberliegenden Fußlängszähne verläuft. Auf diese Weise lassen sich auch Kraftverteilungen mit großen Maxima ausgleichen.

[0018] In den Figuren ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung gegeben. Es zeigen:

- Fig.1 eine perspektivische Ansicht einer Turbinenlaufschaufel mit Ausnehmung,
 Fig.2 einen Längsschnitt durch die Ausnehmung,
 Fig.3a, b, c Querschnitte parallel zu einem Plattformbereich durch den Fußbereich mit Ausnehmung,
 Fig.4 eine schematische Ansicht auf den Turbinenschaufelfuß in der Ansicht II-II,
 Fig.5 eine schematische Aufsicht auf einen Umfangsbereich einer Turbinenscheibe mit schräg eingesetzten Turbinenschaufeln und
 Fig.6 eine Seitenansicht des Fußes mit Ausnehmung.

[0019] Fig.1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Turbinenlaufschaufel 2. Die Turbinenlaufschaufel 2 besteht aus einem Schaufelprofil 10, das an eine parallelogrammförmig geschrägte Schaufelplattform 11 grenzt, die den Abschluß des darunterliegenden Schaufelfußes 3 bildet. Der Schaufelfuß 3 besitzt ebenfalls einen parallelogrammförmigen Querschnitt parallel zur Schaufelplattform 11. Die Plattform 11 weist relativ zur Senkrechten 14 auf eine Stirnseite 8 des Schaufelfußes 3 einen Schrägungswinkel 24 auf. Der Schaufelfuß 3 besitzt parallel zu seiner Stirnseite 8 einen tannenbaumförmigen Querschnitt, der vorspringende, an den beiden parallelen Längsseiten 4 des Schaufelfußes 3 längs untereinander parallel verlaufende Fußlängszähne 5 aufweist und zu einem scheibenachsenseitigen Ende 17 des Fußes 3 hin schmaler zuläuft. Die Fußlängszähne 5 sind bezogen auf eine Schaufellängsachse 23 Hinterschneidungen bildend radial angeschragt. Der Schaufelfuß 3 wird in einer entsprechend negativ dazu geformten Turbinenscheibennut 6 mit Fußlängszähne 5 aufnehmenden, längs verlaufenden Aussparungen 15 entlang seiner Längsseiten 4 eingeschoben und bezogen auf die Achse der Turbinenscheibe 1 radial auszugssicher durch korrespondierend zu den Fußlängszähnen 5 angeschragte Nutlängszähne 7 gehalten. Der zwischen zwei Schaufeln 2 liegende, im Querschnitt parallel zur Oberfläche ebenfalls parallelogrammförmige Bereich 26 der Turbinenscheibe 1 wird somit von den beiden benachbarten Turbinenschaufeln 2 in entgegengesetzter Richtung beansprucht. Die Kräfte,

dargestellt durch Kraftvektorpfeile 30, in Umfangsrichtung der Turbinenscheibe 1 heben sich im Mittenbereich 28 gegenseitig annähernd auf, wie in Fig.5 angedeutet. Dies ist jedoch anders in den Endbereichen 29 der Nuten 6. Hier ergeben sich aufgrund der Parallelogrammform des Bereichs 26 im Endbereich 29 fehlenden Gegenkräfte und somit asymmetrischer Kräfteverteilung und somit eine Biegebeanspruchung. Die Biegebeanspruchung ist umso stärker, je größer der Schrägungswinkel 24 ist.

[0020] Dem wird erfindungsgemäß dadurch begegnet, daß der Schaufelfuß 3 an der Stirnseite 8 eine lokale Materialschwächung in Form einer Ausnehmung 9 aufweist. In einem Bereich 13 am scheibenachsenseitigen Ende 17 des Fußes 3, an dem der Fuß 3 schmal zuläuft, befindet sich zwischen den scheibenachsen-nächsten Fußlängszähnen 5 annähernd mittig die Ausnehmung 9. Die Ausnehmung 9 hat eine keilartige Form, die in Richtung Plattform 11 und zur anderen Stirnseite 8 hin verjüngt zuläuft, abgerundet zulaufenden Flanken 12. Die Ausnehmung 9 ist zum scheibenachsenseitigen Ende 17 des Fußes 3 hin offen. Bei einer Belastung des Schaufelfußes 3 mit in Richtung der Schaufellängsachse 23 gerichteten Fliehkräften werden die Fußlängszähne 5 gegen untere Zahnflanken der Nutlängszähne 7 gepreßt. Somit werden die Kräfte in diesem Stirnseitenbereich nicht so stark in die umgebenden Nutbereiche eingeleitet, sondern die Kraftübertragung weiter in den Mittenbereich 28 des Bereichs 26 verlegt.

[0021] Fig.2 zeigt einen Längsschnitt durch den Schaufelfußbereich mit Ausnehmung 9. Die Ausnehmung 9 besitzt ihre größte Höhe 27 direkt an der Stirnseite 8 und fällt zur Mitte des Schaufelfußes 3 abgerundet ab.

[0022] Fig.3a, b, c zeigen zu der Schaufelplattform 11 parallele Querschnitte durch den Fußbereich mit der Ausnehmung 9 entlang der Schnittlinien III a, b, c aus Fig.2. Die Querschnitte weisen eine mit Abstand zum scheibenachsenseitigen Ende 17 und mit Annäherung an die Schaufelplattform 11 abnehmende maximale Tiefe 18 auf. Ebenso nimmt mit Abstand zum scheibenachsenseitigen Ende 17 die maximale Breite 16 der Ausnehmung 9 zu. Die Steigung der Flanken 12 der Ausnehmung 9 ist an diese Abnahme angepaßt, jedoch im wesentlichen konstant.

[0023] Fig.4 zeigt eine Aufsicht II-II auf des scheibenachsenseitigen Ende 17 des Fußes 3 aus Fig.1. Der Fuß 3 weist neben den an beiden Stirnseiten 8 angeordneten Ausnehmungen 9 vier annähernd gleichartig im Querschnitt elliptisch geformte Zugänge 19 zu einem innenliegenden Hohlraum auf, der nicht gezeigt ist. Die Zugänge 19 sind durch Mittelwände 22 voneinander getrennt. Sowohl die Zugänge 19 wie auch die Ausnehmungen 9 liegen mit ihren Längsausdehnungen entlang einer Fußlängsachse 21, die parallel zu den Längsseiten 4 des Fußes 3 mittig zwischen diesen verläuft. Die Ausnehmungen 9 weisen einen Abstand 20 zu den be-

nachbarten Zugängen 19 auf. Zwischen der Ausnehmung 9 und dem benachbarten Zugang 19 befindet sich somit eine Wand 31, durch die die von der Stirnseite 8 abgelenkte Krafteinleitung in den umgebenden Nutbereich erfolgt. Durch die Ausnehmungen 9 sind die Stirnseiten 8 in dem scheibenachsenseitigen Endbereich 17 weicher.

[0024] Durch die Zugänge 19 kann das Schaufelprofil 10 der Turbinenlaufschaukel 2 mit Kühlmittel versorgt werden. Die Mittelwände 22 verstärken den scheibenachsenseitigen Fußbereich und gewährleisten einen ausreichenden Widerstand gegen die Belastung durch die angreifenden Fliehkräfte.

[0025] Fig.5 zeigt eine Aufsicht auf einen Umfang einer Turbinenscheibe 1 mit in Nuten 6 eingesetzten Turbinenlaufschaukeln 2, die zueinander einen Abstand 25 zwischen entsprechenden Längsseiten 4 aufweisen. Die Plattformen 11 und mit ihnen die Füße weisen einen Winkel 24 zu einer Senkrechten 14 auf Turbinenscheibenstirnseite auf. Beim Rotieren der Turbinenscheibe 1 belastend die Turbinenlaufschaukeln 2 die zwischen den Nuten 6 liegenden Bereiche 26 der Turbinenscheibe. Insbesondere an den Endbereichen der Nuten 6 stehen sich nicht mehr ausreichend ausgleichende Kräfte von zwei benachbarten Schaufeln gegenüber, so daß es in diesen Endbereichen, die in der Fig.5 gestrichelt sind, zu einer asymmetrischen Beanspruchung kommt. Dem wird durch die Ausnehmung 9 im Stirnbereich 8 des Schaufelfußes 3 abgeholfen. Die Ausnehmung 9 macht den Stirnbereich 8 weicher, d.h. es können nicht mehr so starke Kräfte in diesem Bereich auf die umgebenden Nutbereiche abgegeben werden. Hierdurch werden die Maxima der Kraftverteilungen verstärkt in Richtung des Mittenbereichs 28 des Bereichs 26 verschoben, wo auch große Kräfte ohne Schaden auch bei großen Winkeln 24 von über 15° aufgenommen werden können.

[0026] Fig.6 zeigt eine Ansicht des Stirnbereichs 8 des Fußes 3. Der Stirnbereich 8 weist eine längliche Ausnehmung 9 auf. Die Ausnehmung 9 ist am scheibenseitigen Endbereich 17 des Fußes 3 offen und reicht vom scheibenseitigen Endbereich 17 bis zwischen die obersten Fußlängszähne 5. Hierdurch sind auch die Bereiche zwischen den mittleren und den oberen, sich gegenüberliegenden Fußlängszähnen 5 elastisch belastbar. Spannungsspitzen im Stirnbereich 8 können noch effektiver ausgeglichen werden.

Patentansprüche

1. Turbinenlaufschaukelanordnung mit mehreren in Umfangsrichtung einer Turbinenscheibe (1) versetzt angeordneten Turbinenlaufschaukeln (2) mit jeweils einem Schaufelfuß (3), der jeweils zwei Längsseiten (4) und Stirnseiten (8) aufweist, an seinen Längsseiten (4) Fußlängszähne (5) hat und der in eine Turbinenscheibennut (6) längs einschiebbar und dort durch Nutlängszähne (7), die seine

Fußlängszähne (5) formschlüssig hintergreifen, radial auszugsfest gehalten ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schaufelfuß (3) an seiner Stirnseite (8) eine lokale Materialschwächung aufweist.

2. Turbinenlaufschaukelanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schaufelfuß (3) an seiner Stirnseite (8) eine Ausnehmung (9) hat.
3. Turbinenlaufschaukelanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ausnehmung (9) eine keilförmige Einkerbung an der Stirnseite (8) des Schaufelfußes (3) im Bereich (13) zwischen den der Achse der Turbinenscheibe nächsten, sich gegenüberliegenden Fußlängszähnen (5) ist, und die Ausnehmung (9) an einem scheibenachsenseitigen Ende (17) des Schaufelfußes (3) offen ist.
4. Turbinenlaufschaukelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich die Ausnehmung (9) in Richtung einer Schaufelplattform (11) querschnittsmäßig verjüngt.
5. Turbinenlaufschaukelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ausnehmung (9) eine in Richtung Schaufelplattform (11) abnehmende maximale Tiefe (18) aufweist.
6. Turbinenlaufschaukelanordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ausnehmung (9) eine abgerundete Kontur aufweist.
7. Turbinenlaufschaukelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** jede der beiden Stirnseiten (8) des Schaufelfußes (3) je eine lokale Materialschwächung aufweist.
8. Turbinenlaufschaukelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schaufelfuß (3) einen Hohlraum aufweist, der am scheibenachsenseitigen Ende (17) des Schaufelfußes (3) einen Zugang (19) hat und die lokale Materialschwächung einen derartigen Abstand (20) zu dem Zugang (19) besitzt, daß unter der Betriebslast der Turbinenlaufschaukel (2) die erforderliche Stabilität gewährleistet ist.
9. Turbinenlaufschaukelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hohlraum am scheibenachsenseitigen Ende (17) mehrere versetzt auf einer Fußlängsachse (21) angeordnete Zugänge (19) aufweist und die lokale Materialschwächung an der Stirnseite (8) ebenfalls zumindest teilweise auf der Fußlängsachse (21)

liegt.

10. Turbinenlaufschaufelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schaufelfüße (3) um sternförmig von der Scheibenachse ausgehende, durch die Schaufelfüße (3) verlaufende Radialachsen um einen Winkel (24) gedreht in die Turbinenscheibe (1) eingesetzt ist. 5
11. Turbinenlaufschaufelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Winkel (24) größer als annähernd 15° ist. 10
12. Turbinenlaufschaufelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Breite (10), die Tiefe (11) und die Form der Ausnehmung (9) auf den Winkel (24) und die Abstände (25) der Turbinenschaufeln (2) abgestimmt sind. 15
20
13. Turbinenlaufschaufelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ausnehmung (9) vom scheibenseitigen Ende (17) des Schaufelfußes (3) bis zwischen die zwei plattformnächsten, sich gegenüberliegenden Fußlängszähne (5) verläuft. 25

30

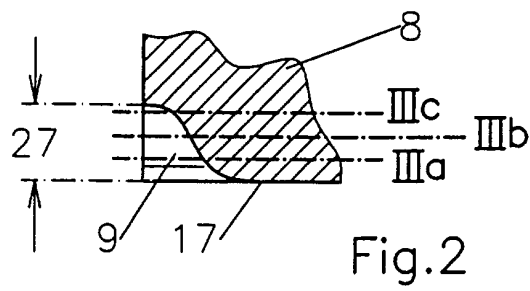
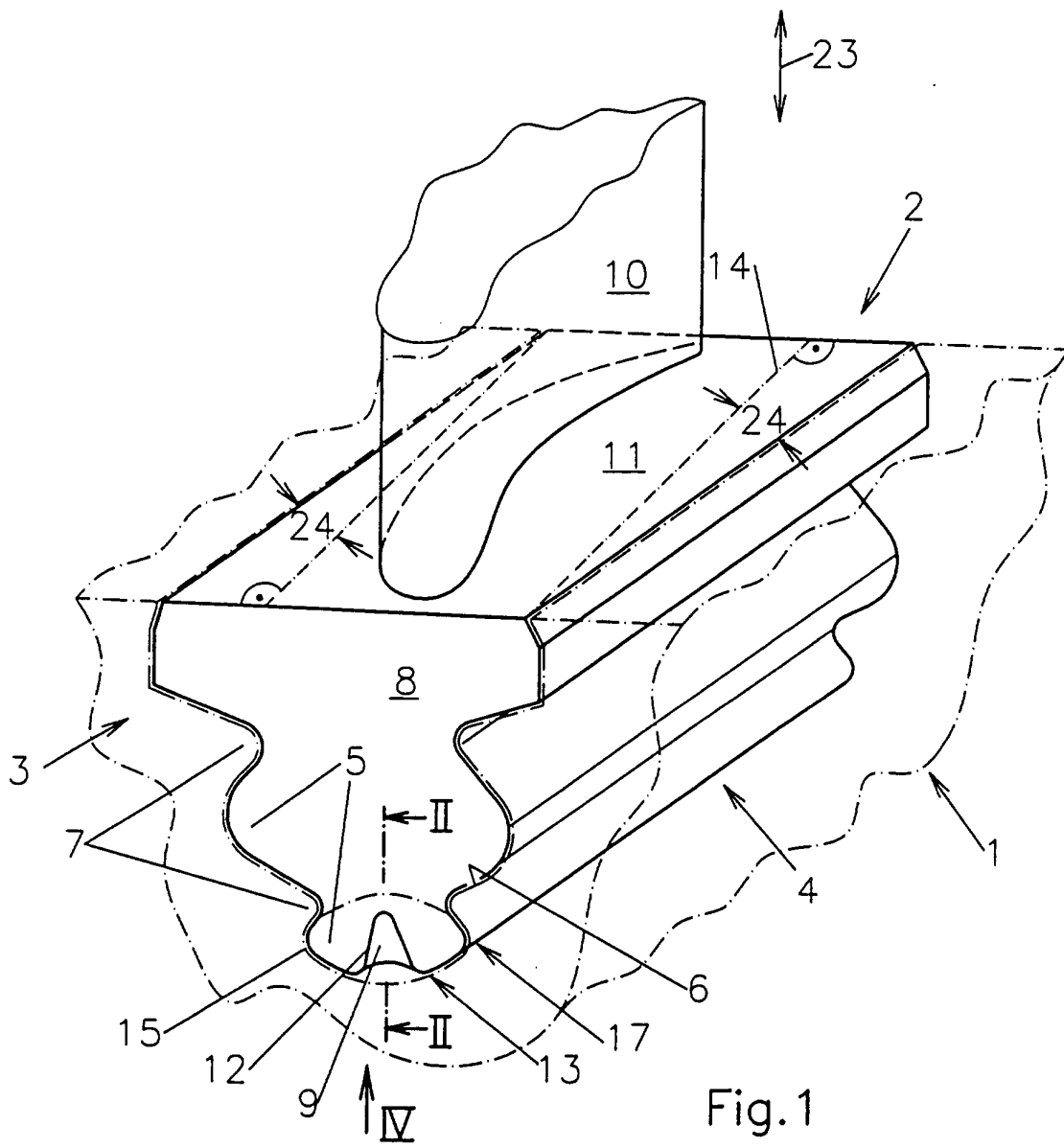
35

40

45

50

55



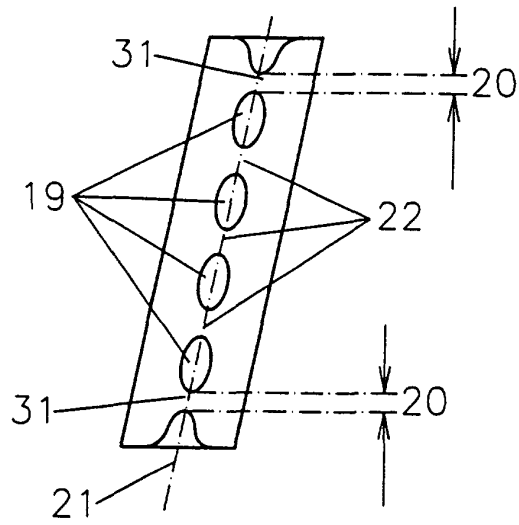


Fig. 4

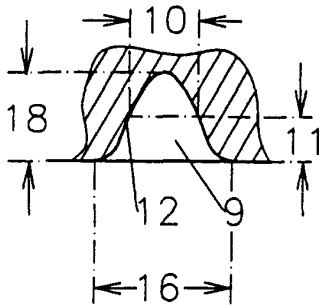


Fig. 3a

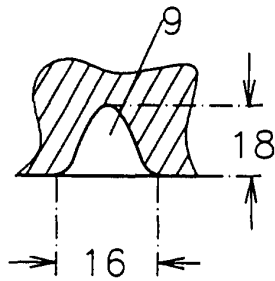


Fig. 3b

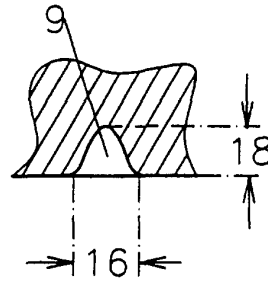


Fig. 3c

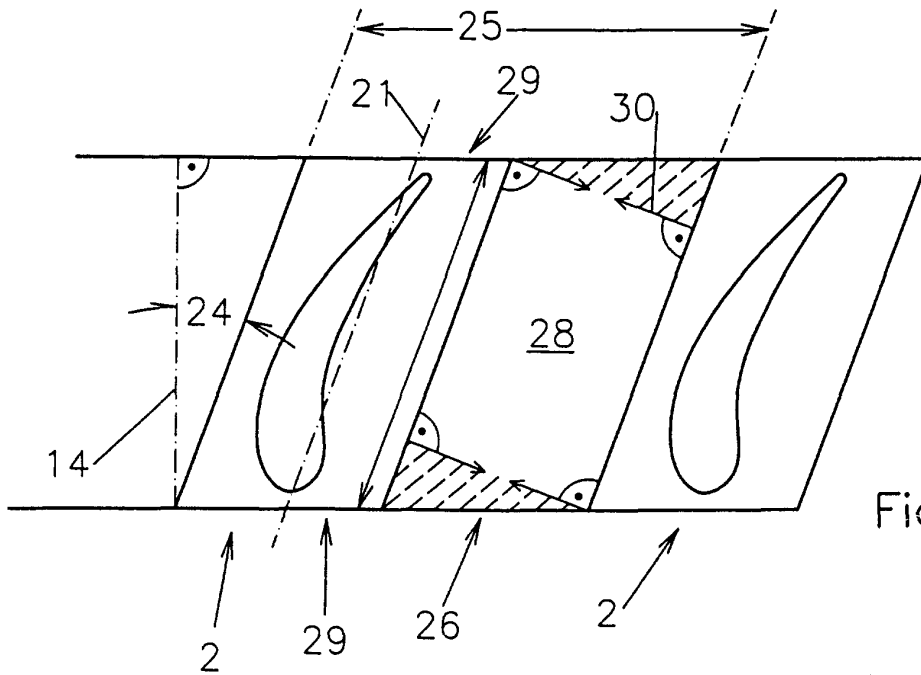


Fig. 5

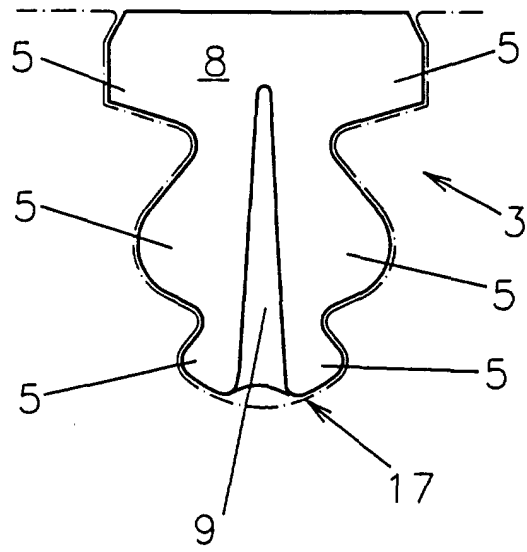


Fig.6



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 5 104 290 A (CATLOW RONALD) 14. April 1992 (1992-04-14) * Abbildungen * ---	1,2, 4-10,12, 13	F01D5/30
X	US 2 643 853 A (REDDING ARNOLD H) 30. Juni 1953 (1953-06-30) * Abbildung 5 * ---	1,2, 4-10,12	
X	EP 0 906 514 A (SIEMENS AG) 7. April 1999 (1999-04-07) * Abbildungen * ---	1,2, 4-10,12	
X	EP 0 874 136 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 28. Oktober 1998 (1998-10-28) * Abbildungen * ---	1-3,6,8, 10,12	
A	US 5 314 307 A (FARMER JAMES L) 24. Mai 1994 (1994-05-24) * Zusammenfassung; Abbildungen * ---	1-13	
A	US 4 480 957 A (PATEL MANUBHAI M ET AL) 6. November 1984 (1984-11-06) * Abbildungen * -----	1-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01D F04D F03D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27. Juli 2000	Prüfer Raspo, F
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPC-HO/FM 1503 03 82 (P04/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 00 10 6142

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-07-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5104290 A	14-04-1992	GB 2237846 A	15-05-1991
US 2643853 A	30-06-1953	KEINE	
EP 0906514 A	07-04-1999	US 6065938 A WO 9749921 A	23-05-2000 31-12-1997
EP 0874136 A	28-10-1998	US 5836744 A JP 11006499 A	17-11-1998 12-01-1999
US 5314307 A	24-05-1994	KEINE	
US 4480957 A	06-11-1984	CH 664602 A DE 3413162 A FR 2544381 A GB 2138078 A,B IT 1178467 B JP 1737516 C JP 4023085 B JP 59229002 A NO 841488 A,B,	15-03-1988 18-10-1984 19-10-1984 17-10-1984 09-09-1987 26-02-1993 21-04-1992 22-12-1984 15-10-1984

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82